Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.2, Summer 2020, P. 285-301
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۳۰۱-۲۸۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد، محتوای نیترات، عملکرد اسانس و برخی صفات فیزیولوژیکی چهار رقم ریحان

فرج مویدی[1*] - سجاد کردی[2] - علی اشرف مهرابی[3] - سهیلا دست برهان[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد، محتوای نیترات، عملکرد اسانس و برخی صفات فیزیولوژیکی چهار رقم ریحان، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی خرم آباد اجرا گردید. فاکتور اول آزمایش شامل ارقام مختلف ریحان (*O. basilicum* var. Italian Large Leaf، *O. basilicum* var. Mobarakeh، *O. basilicum* var. Sweet Thai و *O. basilicum* var. Cinnamon)، فاکتور دوم کاربرد کود شیمیایی نیتروژن (اوره) در سه سطح شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره و فاکتور سوم برداشت گیاه ریحان در ۳ سطح شامل برداشت اول، برداشت دوم و برداشت سوم بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در رقم Italian Large Leaf با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم بیشترین میزان عملکرد خشک و نیترات حاصل شد. کمترین تعداد شاخه جانبی، درصد برگ، کلروفیل b و عملکرد اسانس متعلق به رقم Mobarakeh بود. بیشترین و کمترین عملکرد اسانس به ترتیب به تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و شاهد مربوط بود. بر اساس نتایج این تحقیق، رقم Italian Large Leaf به همراه کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره برای دستیابی به رشد و عملکرد کمی و کیفی قابل قبول ریحان تحت شرایط آب و هوایی خرم آباد توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، اوره، رنگیزه‌های فتوسنتزی، ریحان، وزن خشک

مقدمه

کشت سنتی گیاهان دارویی به‌منظور ایجاد تنوع و پایداری در نظام کشاورزی از دیرباز در کشور ما متداول بوده است (۱۸). در این میان، ریحان گیاهی اسانس‌دار از خانواده نعناعیان است که در سطح وسیعی از ایران کشت می‌گردد. ریحان مصارف گوناگونی دارد و به‌عنوان سبزی، ادویه و همچنین گیاه دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد. منشأ ریحان را ایران، هند و افغانستان می‌دانند (۲۲). جنس *Ocimum* شامل بیش از ۱۵۰ گونه است و رشد گسترده‌ای در مناطق معتدل جهان دارد (۲۳). در بین گونه‌های مختلف این جنس، گونه *O. basilicum* L. اقتصادی‌ترین گونه بوده و در سراسر جهان کاشته می‌شود (۱۵). فاکتورهای زراعی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی از جمله ریحان تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارند که از این فاکتورها می‌توان به تغذیه گیاه اشاره نمود. با پیدایش انقلاب سبز و تولید ارقام کودپذیر، مصرف کودهای شیمیایی به‌سرعت افزایش یافت. آمارها نشان می‌دهند مصرف سالانه کودهای شیمیایی در جهان به‌طور چشمگیری در حال افزایش است (۲۵).

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشد که در تشکیل بسیاری از ترکیبات آلی گیاهی نقش دارد (۸). این عنصر در ساختمان اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، کلروفیل، آلکالوئیدها، بازهای پورینی و غیره وجود دارد. از اینرو کمبود نیتروژن

۱- مربی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد، خرم‌آباد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email:faraj.moayedi1362@gmail.com)
۲- دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۴- دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i2.83778

به کاهش میزان پروتئین‌ها، کارآیی فتوسنتز، وزن خشک گیاه و تأخیر در رشد رویشی و زایشی گیاهان منجر می‌گردد (۷). در تحقیقی محتوای کلروفیل گیاه ریحان تحت تأثیر کود نیتروژن قرار گرفت و در تمامی تیمارهایی که از کود نیتروژن استفاده شده بود، محتوای کلروفیل بیشتر از تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) بود، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل کل به‌ترتیب به تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی نیتروژن و تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) اختصاص یافت (۱۱). در پژوهشی دیگر گزارش گردید که نیتروژن اثر معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک ریحان در واحد سطح داشت و بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک در واحد سطح به‌ترتیب در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و تیمار شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن) حاصل شد (۱۲). تجمع نیترات در گیاه زمانی بیشتر است که گیاه قادر به تبدیل آن نباشد و این مسئله عمدتاً با کمبود رطوبت، نیتروژن زیاد در خاک و زمان برداشت ارتباط دارد. نیتروژن یکی از اجزای اصلی پروتئین‌ها می‌باشد. هنگامی که گیاه در شرایط غیرعادی رشد می‌نماید، تولید پروتئین کاهش یافته و نیتروژن به‌شکل غیرپروتئینی در گیاه تجمع می‌یابد (۳۲). به‌دلیل اثرات سوء نیترات بر سلامتی انسان، امروزه توجه زیادی به‌میزان تجمع نیترات در سبزیجات شده و تجمع نیترات به‌عنوان یکی از شاخص‌های بیولوژیکی کیفی سبزیجات در نظر گرفته می‌شود (۱۹). در تحقیقی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر محتوای نیترات برگ ریحان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن، میزان تجمع نیترات در برگ افزایش یافت. بیشترین میزان نیترات با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (۱۷). کودهای شیمیایی اگرچه باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد محصولات باغی و زراعی می‌شوند، اما از طرفی مصرف بیش از اندازه نهاده‌های شیمیایی از جمله کود نیتروژن، پیامدهایی از جمله آلودگی‌های محیط زیست، از بین رفتن تنوع زیستی و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی را به دنبال دارد (۵). لذا تعیین مقدار مناسب مصرف کود نیتروژن که علاوه بر تولید محصول با عملکرد کمی و کیفی مناسب، از مصرف بیش از حد مورد نیاز کود نیتروژن جلوگیری نماید، ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر تاکنون عملکرد، میزان نیترات، عملکرد اسانس و ویژگی‌های فیزیولوژیکی ارقام مورد ارزیابی در این تحقیق که مربوط به نقاط مختلف جهان می‌باشند، تحت شرایط آب و هوایی یکسان مورد ارزیابی قرار نگرفته است. بنابراین این آزمایش با هدف تعیین مناسب‌ترین مقدار کود نیتروژن و همچنین معرفی بهترین رقم ریحان از لحاظ ویژگی‌های کمی، کیفی و فیزیولوژیکی در شرایط آب و هوایی خرم آباد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقاتی سراب چنگایی خرم‌آباد با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۶۲ متر از سطح دریا به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. جدول ۱، داده‌های هواشناسی را در طول آزمایش در ایستگاه هواشناسی خرم آباد نشان می‌دهد. فاکتور اول ارقام مختلف ریحان (*O. basilicum* var Italian Large Leaf، *O. basilicum* var Mobarakeh، *O. basilicum* var Sweet Thai و *O. basilicum* var Cinnamon)، فاکتور دوم کاربرد کود شیمیایی نیتروژن (اوره) در سه سطح شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، و فاکتور سوم در سه سطح شامل برداشت اول، برداشت دوم و برداشت سوم بود. رقم Mobarakeh از موسسه پاکان بذر اصفهان و سه رقم خارجی ریحان از شرکت Eden Brothers کشور آمریکا تهیه شدند. برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری شش نقطه زمین، به‌طور تصادفی نمونه‌هایی از خاک برداشت شد و سپس نمونه‌ها با هم مخلوط و به یک نمونه تبدیل شدند و ویژگی‌های آن به شرح جدول ۲ تعیین گردید.

جدول ۱- آمار ماهیانه ایستگاه هواشناسی خرم آباد در دوره آزمایش در سال ۱۳۹۵

Table 1- Khorramabad meteorological station monthly statistics in the experiment period in 2016

ماه Month	بارندگی Precipitation (mm)	تعداد روزهای بارانی Number of rainy days	میانگین دما Average temperature (°C)	حداکثر دما Maximum temperature (°C)	حداقل دما Minimum temperature (°C)
Mar	51.4	9	13.7	21.2	6.1
Apr	14.5	5	20.0	29.4	10.5
May	0.2	1	26.4	37.3	15.6
Jun	0.3	1	30.2	40.2	20.4
Jul	0.0	0	30.7	41.0	20.4
Aug	17.0	1	26.8	36.2	17.4
Sep	14.0	3	21.6	30.7	12.4

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پیش از اجرای آزمایش
Table 2- Physical and chemical analysis of soil before the experiment

بافت خاک Soil texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل جذب P ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب K ($mg\ kg^{-1}$)
لومی- رسی clay loam	32.52	40.5	26.98	7.56	0.546	0.289	7	350

مصرف کودهای شیمیایی شامل N و P به ترتیب از منابع اوره و سوپرفسفات‌تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر اساس نتایج آزمون خاک صورت گرفت. کود فسفر قبل از کاشت به‌طور یکنواخت در کل مزرعه توزیع و کود نیتروژنه فقط در تیمارهای مورد نظر استفاده گردید. یک دوم نیتروژن کل در زمان کاشت و مابقی به صورت سرک و بعد از برداشت اول به کار برده شد. در هر دو مرحله، کاربرد کود نیتروژن در خاک به‌صورت نواری صورت گرفت. عملیات تهیه بستر بذر شامل شخم، دیسک و ماله‌کشی بود. کشت بذرها به‌صورت مستقیم در اوایل خرداد ماه با در کرت‌هایی با فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲/۵ سانتی‌متر انجام شد. بدین ترتیب تراکم به ۸۰ بوته در متر مربع رسید. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت و به طول ۲ متر بود. برای جلوگیری از نشت نیتروژن، بین کرت‌های مجاور یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. در مجموع ابعاد هر کرت ۲ در ۲/۵ متر مربع تعیین گردید. آبیاری مزرعه با در نظر گرفتن شرایط جوی و نیاز گیاه و مبارزه با علف‌های‌هرز به‌صورت دستی انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد گل آذین در بوته، درصد برگ، عملکرد خشک، عملکرد اسانس، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و میزان نیترات گیاه بود. برداشت گیاه ریحان در سه نوبت و در اوایل مرحله گل‌دهی انجام شد. برداشت اول در اواسط تیر، برداشت دوم در اواسط مرداد و برداشت سوم در اواخر شهریور صورت گرفت. بدین صورت که در هر کرت، نمونه‌گیری از ردیف‌های وسط و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انجام گرفت و اندام‌های هوایی از نزدیکی سطح زمین قطع و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک آن‌ها نیز یادداشت گردید. برای تعیین ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و تعداد گل آذین در بوته، در هر برداشت پنج بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و اندازه‌گیری شد و میانگین مشاهدات برای تجزیه آماری مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه درصد برگ ریحان، ۱۵ بوته به‌طور تصادفی از ردیف‌های میانی هر کرت برداشت گردید و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها بلافاصله از گیاه جدا شده و وزن تر آن‌ها نیز ثبت گردید. با توجه به نسبت وزن برگ به وزن کل بوته‌ها، درصد برگ محاسبه شد. برای استخراج اسانس، از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. برای اسانس‌گیری ابتدا نمونه‌های گیاهی که شامل برگ و سرشاخه‌های جوان بودند در سایه خشک شدند. سپس ۴۰ گرم از پودر گیاه خشک در یک بالون ریخته شد و حدود ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. سپس با اتصال بالن به دستگاه کلونجر، عمل تقطیر به مدت ۴ ساعت انجام شد. در پایان اسانس‌گیری، اسانس استخراج شده توسط سولفات سدیم بی‌آب آب‌گیری شده و در ظروف دربسته شیشه‌ای تیره رنگ، دور از نور و در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داری گردید. اسانس‌گیری نمونه‌ها در سه تکرار و برای هر برداشت بصورت جداگانه انجام شد. عملکرد اسانس هم از حاصل‌ضرب درصد اسانس و عملکرد خشک به‌دست آمد. برای سنجش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید، ابتدا ۰/۱ گرم از برگ ریحان توزین گردید و پس از خرد شدن با ازت مایع در هاون چینی، با ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص مخلوط گردید و عصاره به‌دست آمده در فالکون ریخته شد و به‌مدت ۱۵ دقیقه در دور ۴۰۰۰ سانتریفوژ گردید. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب محلول در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۶۲ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. استون به‌عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری اسپکتروفتومتر استفاده گردید. در نهایت میزان کلروفیل a (Chla)، کلروفیل b (Chlb)، کلروفیل کل (Chla+b) و کاروتنوئید (Carotenoid) برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر به‌ترتیب از طریق روابط ۱ تا ۴ محاسبه شدند (۱۳).

$$Chla = (11.24 \times A_{662}) - (2.04 \times A_{645}) \quad (۱)$$

$$Chlb = (20.13 \times A_{645}) - (4.19 \times A_{662}) \quad (۲)$$

$$Chla+b = 7.05 \times A_{662} + 18.09 \times A_{645} \quad (۳)$$

$$Car = (1000 \times A_{470} - 1.90\ Chla - 63.14 Chlb)/214 \quad (۴)$$

برای اندازه‌گیری نیترات ابتدا نمونه‌های گیاهی که شامل برگ و سرشاخه‌های جوان بودند، در اوایل گلدهی برداشت و سپس در سایه خشک شدند. اندازه‌گیری نیترات با دستگاه آیون سلکتیو و با الکترود اختصاصی نیترات ساخت شرکت متروهم سوئیس انجام شد. برای کالیبره کردن دستگاه از استانداردهای ۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات استفاده گردید. برای جلوگیری از تغییر غلظت نیترات عصاره‌ها، اندازه‌گیری نیترات به‌طور همزمان با عصاره‌گیری انجام شد (۲). اندازه‌گیری نیترات نمونه‌ها در سه تکرار و برای هر برداشت بصورت جداگانه انجام گردید.

داده‌ها و خطاهـای آزمایشـی از نظـر توزیـع نرمـال و هـم‌چنـین تیمارهای آزمایشی برای همسانی واریانس‌ها با استفاده از نرم‌افزار.ver Minitab 14 مورد آزمون قرار گرفتند. برای تجزیه واریانس آنووای داده‌ها از نرم‌افزار SAS ver. 9 استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌هـا بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکـن در سـطح احتمـال ۵ درصـد بـا استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. نمودارها توسط نـرم‌افـزار Excel و میله‌های خطای آزمایشی (Error Bars) بر اساس SE رسم گردید.

نتایج و بحث

تعداد شاخه جانبی در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص نمود که اثر تیمارهای رقم، کود و برداشـت بـر تعـداد شـاخه جـانبی در بوتـه معنـی‌دار بـود، امـا برهم‌کنش تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). در بین ارقام مــورد ارزیــابی، رقــم Sweet Thai بیشـــترین (۸/۰۹) و رقــم Mobarakeh کمترین (۶/۸) تعداد شاخه جانبی در بوته را داشتند، بـا این وجـود بـین رقـم Sweet Thai و ارقـام Cinnamon و Italian Large Leaf از لحاظ تعداد شاخه جانبی در بوته اختلاف معنـی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش تعداد شاخه جانبی در بوته گردیـد و کـاربرد ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلـوگرم در هکتـار اوره به‌ترتیب با میانگین‌های ۸/۷۵ و ۸/۱۶ بیشترین تعداد شاخه در بوته را تولید کردند و در یک گروه آماری قرار گرفتند، اما تیمار شـاهد (عـدم کاربرد کود نیتروژن) بـا میـانگین ۶/۱۶ دارای کمتـرین مقـدار بـود و اختلاف معنی‌داری با مقـادیر مختلـف کـاربرد کـود نیتـروژن داشـت (جدول ۴). در بین برداشت‌ها نیز برداشت سوم با میانگین ۹/۱۲ دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته بود (جـدول ۴). بهبود بستر رشد و افزایش رشد رویشی گیاه بــه‌خصــوص تا پیش از مرحله گــل‌دهــی، می‌تواند منجر به ظهور شاخه‌های فرعـی بیشـتر در گیـاه شـود. کـود شیمیایی نیتروژن با فراهم کردن نیتروژن مورد نیـاز گیـاه ریحـان در طی فصل رشد، شرایط مناسبی را در جهت تولید شاخه فرعـی بیشـتر بوجود آورد. در پژوهشی گزارش گردید که کاربرد کود نیتروژن منجـر به افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه ریحان نسـبت بـه تیمـار شـاهد گردید (۳۰). در تحقیقی دیگر، بیشترین تعـداد شـاخه فرعـی در گیـاه ریحان در برداشت سوم مشاهده شد. افزایش تعداد شاخه‌هـای جـانبی در برداشت‌های دوم و سوم نسبت بـه برداشت اول بـه دلیـل بریـدن ساقه اصلی طی برداشت اول و برانگیخته شـدن جوانـه‌هـای جـانبی می‌باشد که منجر به افزایش ساقه‌های فرعی می‌شود (۹).

تعداد گل‌آذین در بوته

تعداد گل‌آذین در بوته تحت تأثیر تیمارهای رقم، کود و برداشـت قرار گرفت، همچنین برهم‌کنش رقم × برداشت و کود × برداشـت بـر این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین مربوط به برهم‌کنش رقم × برداشت نشان داد که رقم Cinnamon در برداشـت سوم بیشترین تعداد گل‌آذین در بوته (۷/۴) را بـه خـود اختصـاص داد (شکل ۱). در این پژوهش در همه سطوح برداشت، مصـرف کودهـای نیتروژنی باعث افزایش تعداد گل آذین در بوته گردید که در این بـین با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در برداشت سـوم بیشـترین گل آذین در بوته (۷/۷۶) تولید شد (شکل ۲). کـاربرد کـود شـیمیایی نیتروژن منجر به بهبود اکثر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیـاه ریحان شد که این امر در افزایش تعداد گل‌آذین در بوته مـؤثر اسـت. نتایج تحقیقی نشان داد کـه کـاربرد کـود نیتـروژن در تمـام سـطوح برداشت سبب افزایش معنی‌دار تعداد گل‌آذین در بوته نسبت به تیمـار شاهد (عدم کوددهی) گردید (۱۱). بـا توجـه بـه اینکـه مصـرف کـود نیتروژن تعداد شاخه در بوته را افزایش داد (جدول ۴)، افـزایش تعـداد شاخه‌های گل‌دهنده در بوته و به دنبال آن افزایش تعداد گل‌آذیـن در بوته منطقی به‌نظر می‌رسد. در برداشت سوم نیز به دلیل رشد و توسعه بیشتر گیاه و همچنین افزایش تعداد شاخه جانبی در بوته (جـدول ۴)، تعداد گل‌آذین در بوته نسبت به سایر برداشت‌ها بیشتر بود.

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم، کود و برداشت قرار گرفت، اما برهم‌کنش تیمارها بر این صفت معنـی‌دار نگردیـد (جـدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، رقـم Mobarakeh دارای بیشترین ارتفاع بوته (۵۶/۳۷ سانتی‌متر) بود (جدول ۴). مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن سبب افزایش ارتفاع گیاه ریحان گردید. در بـین تیمارهای کودی هم بیشترین (۵۷/۴۵ سانتی‌متـر) و کمتـرین ارتفـاع بوته (۴۹/۵۴ سانتی‌متر) به‌ترتیـب متعلـق بـه تیمارهـای کـاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن) بود (جـدول ۴). در بـین برداشـت‌هـای مختلـف، بیشـترین ارتفـاع بوتـه (۵۵/۱۱ سانتی‌متر) به برداشت دوم اختصاص یافت (جدول ۴). از آنجـایی‌کـه کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین میزان ارتفاع گیاه است، به‌نظر می‌رسد که در تیمار شاهد (عدم مصـرف کـود نیتـروژن)، گیاهان به‌علت کمبود مواد غـذایی از رشـد کمتـری نسـبت بـه سـایر تیمارهای کودی برخوردار بودند. در مطالعه‌ای گزارش گردیـد کـه بـا کاربرد کودهای نیتروژنی، ارتفـاع بوتـه ریحـان افـزایش یافـت (۱۱). کاربرد کود نیتـروژن موجـب تغییـر تعـادل هورمـون‌هـای گیـاهی در بخش‌های رویشی گیاه می‌شود و با کاهش نـسبت اسید آبسیزیک بـر جیبرلین باعث افزایش رشد رویشی و ارتفاع گیاه می‌گردد (۱۶).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ارقام ریحان تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن در برداشت‌های مختلف

Table 3- Analysis of variance of basil cultivars characteristics affected by different levels of nitrogen in different harvest

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branches per plant	تعداد گل آذین در بوته Number of inflorescences per plant	ارتفاع بوته Plant height	درصد برگ Leaf percentage	عملکرد خشک کل Total dry yield	عملکرد اسانس Essential oil yield	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	مقدار نیترات Nitrate rate
تکرار Replication	2	3.27	4.88	10.94	24.27	61975.13	13.99	0.001058	0.009350	0.001025	0.028485	439.58
رقم Cultivar (A)	3	9.67*	25.3**	203.5**	45.35**	865900.19**	2701.25**	0.320863**	0.046317**	0.654054**	0.083625**	1474281.71**
کود نیتروژن N Fertilizer (B)	2	66.69**	45.82**	590.59**	48.99**	5107691.31**	246.26**	0.869452**	0.061930**	1.459581**	0.068984**	875759.03**
رقم × کود A× B	6	1.59^{ns}	0.25^{ns}	3.86^{ns}	2.95^{ns}	83695.26**	7.36^{ns}	0.095556*	0.005939^{ns}	0.105028^{ns}	0.006904^{ns}	31553.47**
اشتباه آزمایش ۱ Error 1	22	2.11	1.42	4.63	2.07	20256.08	8.24	0.037146	0.003735	0.046712	0.008991	627.71
برداشت Harvest (C)	2	84.3**	158.98**	99.33**	329.85**	15436181.5**	3046.94**	0.047353**	0.010841**	0.135206**	0.003924*	209463.19**
رقم × برداشت A × C	6	0.18^{ns}	3.43**	1.57^{ns}	0.34^{ns}	58284.72**	207.93**	0.001267^{ns}	0.000864^{ns}	0.006957*	0.00020^{ns}	21498.38**
کود × برداشت B × C	4	0.00014^{ns}	3.21**	4.34^{ns}	1.14^{ns}	187653.87**	8.72^{ns}	0.000972^{ns}	0.0000002^{ns}	0.000012^{ns}	0.000000^{ns}	11705.56**
رقم × کود × برداشت A × B × C	12	0.00016^{ns}	0.07^{ns}	1.43^{ns}	0.97^{ns}	35986.78**	7.82^{ns}	0.001289^{ns}	0.0000002^{ns}	0.000014^{ns}	0.000000^{ns}	3444.44**
اشتباه آزمایش ۲ Error 2	4	0.13	0.21	1.06	4.39	17939.5	21.95	0.001469	0.000335	0.003231	0.000389	2018.40
اشتباه آزمایش ۳ Error 3	48	0.12	0.28	3.04	0.95	5865.42	8.26	0.003222	0.000539	0.002668	0.000956	432.67
ضریب تغییرات C.V. (%)	---	4.54	10.73	3.23	1.62	3.37	11.97	6.56	7.74	4.41	10.80	2.18

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

*,** and ^{ns} show significant difference at %5, %1 of probability levels and non-significant difference, respectively.

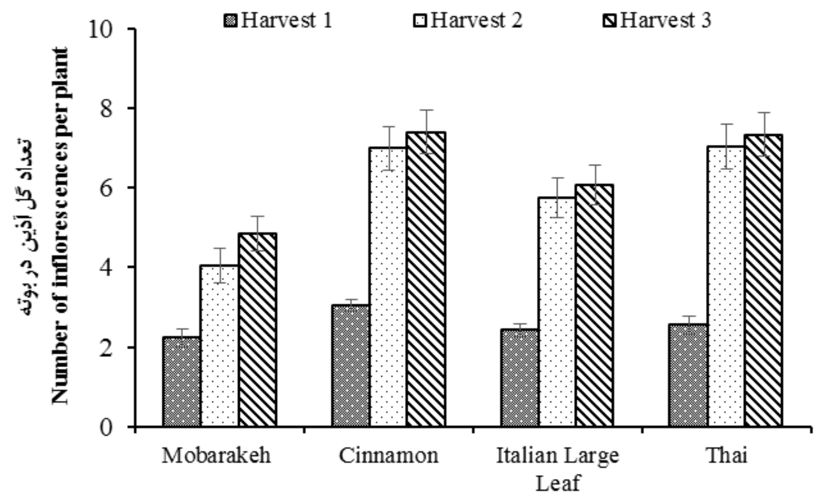
جدول ٤- اثرات ساده سطوح مختلف کود نیتروژن و نوبت برداشت بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام مختلف ریحان

Table 4- The simple effects of nitrogen fertilizer and different harvest levels on some morphological and physiological traits of sweet basil cultivars

Treatments	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branches per plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	درصد برگ Leaf percentage	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g^{-1} FW)	کاروتنوئید Carotenoid (mg.g^{-1} FW)
رقم Cultivar					
Mobarakeh	6.80 b	56.37 a	58.77 c	0.256 b	0.242 b
Cinnamon	7.98 a	50.25 c	60.21 b	0.335 a	0.317 a
Italian Large Leaf	7.89 a	55.69 a	61.86 a	0.273 b	0.236 b
Thai	8.09 a	53.71 b	59.68 b	0.336 a	0.349 a
کود اوره Urea (kg ha^{-1})					
Control	6.16 b	49.54 c	58.82 b	0.252 b	0.236 b
100	8.16 a	55.02 b	60.50 a	0.319 a	0.311 a
200	8.75 a	57.45 a	61.07 a	0.329 a	0.312 a
برداشت Harvest					
Harvest 1	6.08 c	52.09 b	62.96 a	0.319 a	0.279 b
Harvest 2	7.87 b	55.11 a	60.50 b	0.295 b	0.281 b
Harvest 3	9.12 a	54.81 a	56.94 c	0.285 b	0.298 a

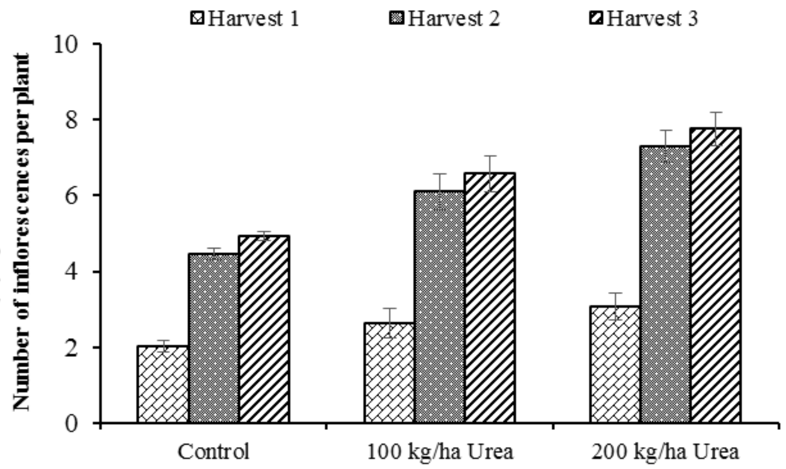
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

The means in each column having the same letter are not significantly different at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.



شکل ۱- اثر متقابل رقم × برداشت‌های مختلف بر تعداد گل آذین در بوته ریحان

Figure 1- Interaction effect of cultivar × different harvests on number of inflorescences per plant of sweet basil (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۲- اثر متقابل کود نیتروژن × برداشت‌های مختلف بر تعداد گل آذین در بوته ریحان

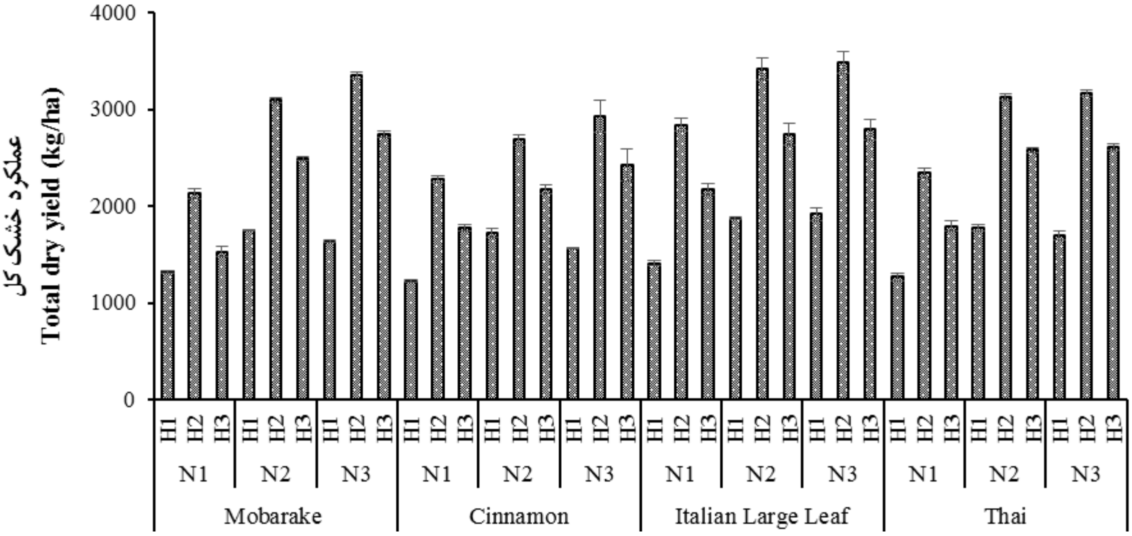
Figure 2- Interaction effect of nitrogen fertilizer × different harvests on number of inflorescences per plant of sweet basil (DMRT, *p≤0.05*)

درصد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص نمود که بین ارقام، مقادیر کود نیتروژن و برداشت‌های مختلف از لحاظ درصد برگ ریحان تفاوت معنی‌داری وجود داشت، اما برهم‌کنش تیمارها بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان‌دهنده برتری رقم Italian Large Leaf از نظر درصد برگ بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارهای کودی مشخص نمود که مصرف کود نیتروژن موجب افزایش درصد برگ در بوته گردید. بیشترین (۶۱/۰۷ ٪) و کمترین درصد برگ (۵۸/۸۲ ٪) به‌ترتیب به تیمارهای کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن) اختصاص داشت (جدول ۴). برداشت اول با میانگین ۶۲/۹۶ ٪ دارای بیشترین میزان درصد برگ در بین برداشت‌های مورد ارزیابی بود (جدول ۴). در تحقیقی اعلام گردید که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، عملکرد برگ ریحان روند افزایشی داشت (۱). به دلیل بریدن ساقه اصلی در برداشت اول، جوانه‌های باقی مانده در روی گیاه برانگیخته شده که منجر به تولید ساقه‌های جانبی بیشتری در برداشت‌های دوم و سوم می‌گردد، بنابراین پایین بودن درصد برگ و افزایش سهم شاخه و ساقه در برداشت‌های دوم و سوم قابل انتظار بود.

عملکرد خشک کل

عملکرد خشک کل ریحان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای رقم، کود و برداشت قرار گرفت. همچنین تمامی برهم‌کنش‌های دوگانه و سه‌گانه تیمارهای آزمایش بر صفت مذکور معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین مربوط به برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای رقم × کود × برداشت نشان داد که رقم Italian Large Leaf با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم بیشترین عملکرد خشک (۳۴۸۲/۳۶ کیلوگرم در هکتار) را تولید نمود (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) موجب افزایش چشمگیر عملکرد گیاه ریحان گردید، با این وجود در اکثر ارقام مورد ارزیابی، بین کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره از لحاظ عملکرد پیکر رویشی اختلاف قابل توجهی مشاهده نگردید. نیتروژن به دلیل نقش مهمی که در افزایش رشد رویشی گیاه دارد، در نهایت باعث افزایش عملکرد می‌شود. افزایش مصرف نیتروژن از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی، منجر به افزایش فتوسنتز و تولید آسیمیلات بیشتر و در نهایت تولید ماده خشک و عملکرد بیشتر می‌شود (۱۴). در تمامی تیمارهای کودی، برداشت دوم از لحاظ عملکرد خشک کل نسبت به سایر برداشت‌ها برتر بود (شکل ۳). از آنجایی‌که همه برداشت‌ها در مرحله رشدی یکسان انجام گردید، لذا به نظر می‌رسد چون در برداشت اول، گیاهان فقط یک ساقه اصلی داشته و از رشد و توسعه کمتری برخوردار بودند، بنابراین تولید زیست توده کمتر در این برداشت قابل انتظار بود. از سوی دیگر در برداشت اول، گیاه ریحان مقداری از انرژی خود را برای استقرار صرف کرد، در حالی که در بازرویش پس از برداشت اول، ریحان بخشی از مسیر رشدی را قبلا پیموده بود و بنابراین سریع‌تر استقرار یافت و ماده گیاهی بیشتری تولید کرد. در آزمایشی اعلام گردید که در تمام تیمارهای کودی مورد بررسی، میزان عملکرد خشک گیاه ریحان در برداشت دوم بیشتر از برداشت اول بود (۲۴).



شکل ۳- اثر متقابل رقم و کود نیتروژن در برداشت‌های مختلف بر عملکرد خشک کل ریحان

Figure 3- Interaction effect of cultivar × nitrogen fertilizer in different harvest on total dry yield of sweet basil cultivars (DMRT, $p\leq 0.05$)

N1, N2, N3: Control (0 kg ha^{-1} urea), 100 kg ha^{-1} urea, and 200 kg ha^{-1} urea, respectively and H1: first harvest, H2: second harvest and H3: third harvest

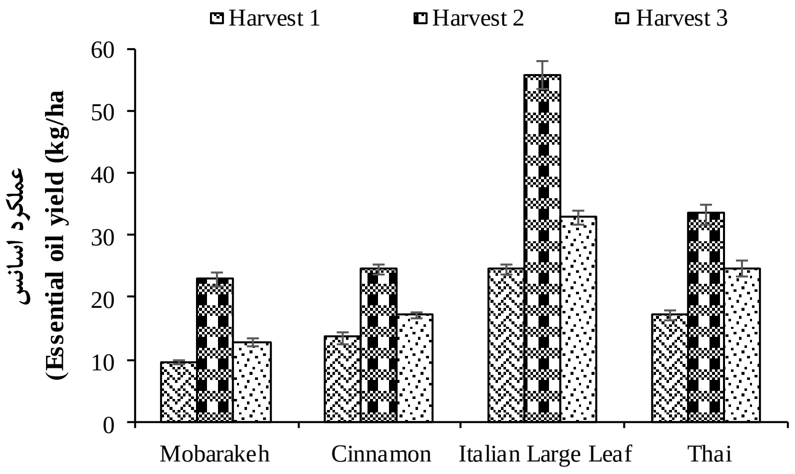
عملکرد اسانس

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۳، عملکرد اسانس ریحان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم، کود، برداشت و برهم‌کنش رقم × برداشت قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم × برداشت نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس (۵۵/۶۴ کیلوگرم در هکتار) به رقم Italian Large Leaf در برداشت دوم اختصاص یافت (شکل ۴). در بین تیمارهای کودی، تیمارهای کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و شاهد (عدم کوددهی) به‌ترتیب دارای بیشترین (۲۶/۷۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد اسانس (۲۱/۵۸ کیلوگرم در هکتار) بودند (شکل ۵). در تحقیقی اثر مقادیر صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر عملکرد اسانس ریحان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با وجود اثر منفی کود نیتروژن بر میزان اسانس گیاه، بیشترین عملکرد اسانس ریحان با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (۶). دلیل اینکه بیشترین عملکرد اسانس به رقم Italian Large Leaf در برداشت دوم اختصاص یافت را می‌توان این‌گونه توجیه نمود که این رقم نسبت به سایر ارقام مورد ارزیابی در این پژوهش، از عملکرد بیولوژیکی بیشتری برخوردار بود (شکل ۳) و از طرفی برداشت دوم نیز عملکرد بیولوژیکی (شکل ۳) و درصد اسانس بیشتری نسبت به سایر برداشت‌ها داشت (داده‌ها منتشر نشده). در تحقیقی گزارش گردید که از بین سه برداشت مربوط به گیاه ریحان، بیشترین عملکرد اسانس از برداشت دوم و کمترین مقدار آن از برداشت اول به‌دست آمد (۹). در تحقیق حاضر با کاربرد کود شیمیایی اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد اسانس به‌دست آمد، اما با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد اسانس روند نزولی در پیش گرفت. با توجه به اینکه تیمار عدم کوددهی از درصد اسانس بیشتری نسبت به تیمارهای کود شیمیایی برخوردار بود (داده‌ها منتشر نشده)، دلیل برتری تیمارهای کود شیمیایی از نظر عملکرد اسانس را می‌توان این‌گونه توجیه نمود که عملکرد اسانس، بیشتر تحت تأثیر عملکرد محصول قرار دارد و تأثیرپذیری آن از درصد اسانس کمتر بوده است. به عبارت دیگر، سهم درصد اسانس در ارتقاء عملکرد اسانس در واحد سطح کمتر از عملکرد بیولوژیکی محصول بود. نتایج این تحقیق گویای این مطلب است که که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن، عملکرد اسانس گیاه دارویی ریحان را بیشتر از طریق تغییر عملکرد محصول تحت تأثیر قرار می‌دهد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

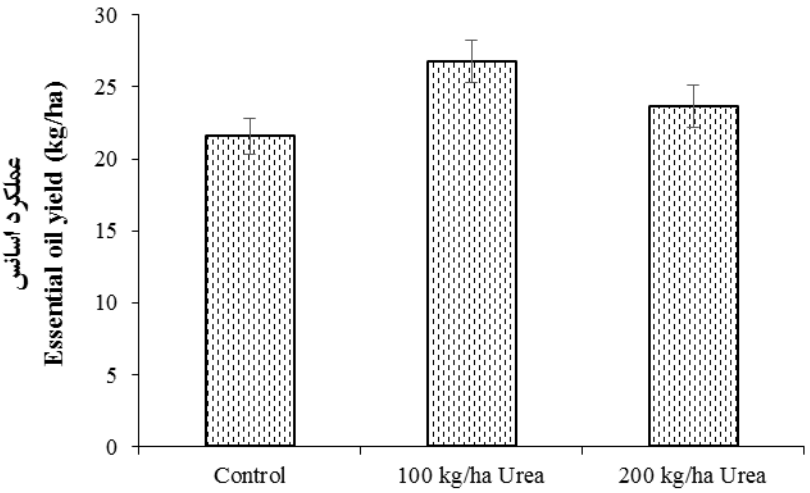
کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده رقم، کود و برداشت و همچنین برهم‌کنش رقم × کود بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۳). در رقم Cinnamon با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۰۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌دست آمد (شکل ۶). در بین برداشت‌های مورد ارزیابی، برداشت اول دارای بیشترین مقدار کلروفیل a (۰/۹۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود (شکل ۷).



شکل ٤- اثر متقابل رقم × برداشت‌های مختلف بر عملکرد اسانس ارقام ریحان

Figure 4- Interaction effect of cultivar × different harvests on essential oil yield of sweet basil cultivars (DMRT, *p≤0.05*)

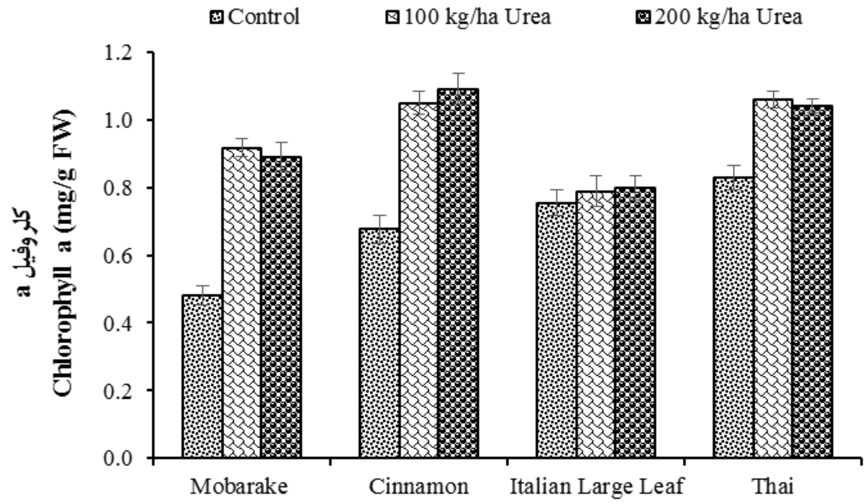


شکل ٥- اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد اسانس ریحان

Figure 5- The effect of different levels of nitrogen fertilizer on essential oil yield of sweet basil (DMRT, *p≤0.05*)

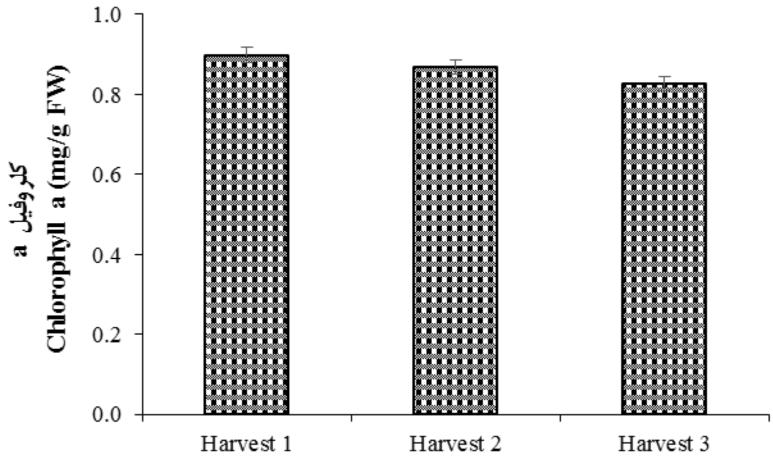
کلروفیل b

بین تیمارهای رقم، کود و برداشت از لحاظ کلروفیل b اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما برهمکنش تیمارها بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۳). در بین ارقام مختلف ریحان، ارقام Sweet Thai و Cinnamon به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۳۴ و ۰/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، دارای بیشترین مقادیر کلروفیل b بودند (جدول ۴). در بین تیمارهای کودی نیز بیشترین محتوای کلروفیل b (۰/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود که در بین برداشت‌های مختلف، برداشت اول دارای بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود (جدول ۴).



شکل ٦- اثر متقابل رقم × کود نیتروژن بر محتوای کلروفیل a ارقام ریحان

Figure 6- Interaction effect of cultivar × nitrogen fertilizer on chlorophyll a content in sweet basil cultivars (DMRT, *p≤0.05*)

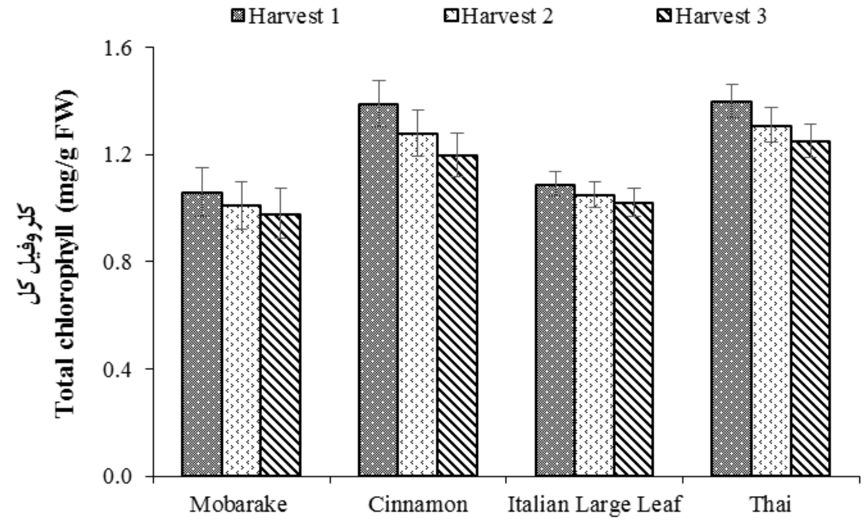


شکل ۷- اثر برداشت‌های مختلف بر محتوای کلروفیل a ارقام ریحان

Figure 7- The effect of different harvests on chlorophyll a content of sweet basil cultivars (DMRT, *p≤0.05*)

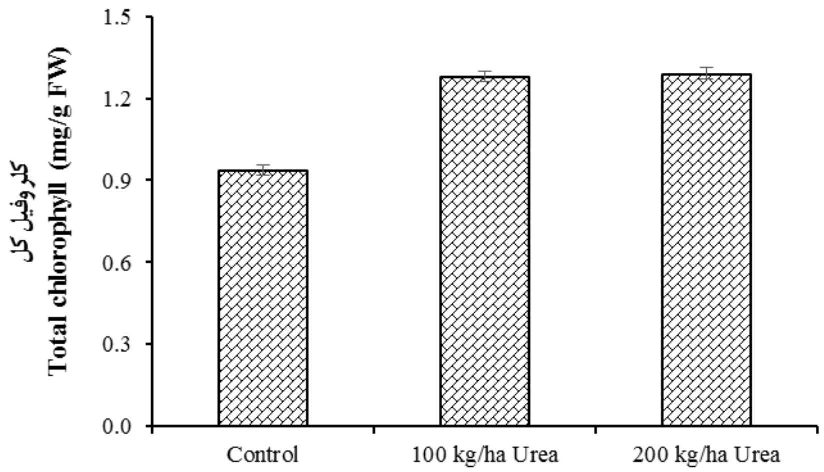
کلروفیل کل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، بین تیمارهای رقم، کود و برداشت از نظر کلروفیل کل اختلاف معنی‌داری وجود داشت، برهم‌کنش رقم × برداشت نیز بر این صفت معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین مربوط به برهم‌کنش رقم × برداشت نشان داد که رقم Sweet Thai در برداشت اول دارای بیشترین میزان کلروفیل کل (۱/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود (شکل ۸). در بین تیمارهای کودی، کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین میزان کلروفیل کل (۱/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را به خود اختصاص داد، با این وجود این تیمار با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۹).



شکل ۸- اثر متقابل رقم × برداشت‌های مختلف بر محتوای کلروفیل کل ارقام ریحان

Figure 8- Interaction effect of cultivar ×different harvests on total chlorophyll content of sweet basil cultivars (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۹- اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر محتوای کلروفیل کل ارقام ریحان

Figure 9- The effect of different levels of nitrogen fertilizer on total chlorophyll content of sweet basil cultivars (DMRT, *p≤0.05*)

کاروتنوئید

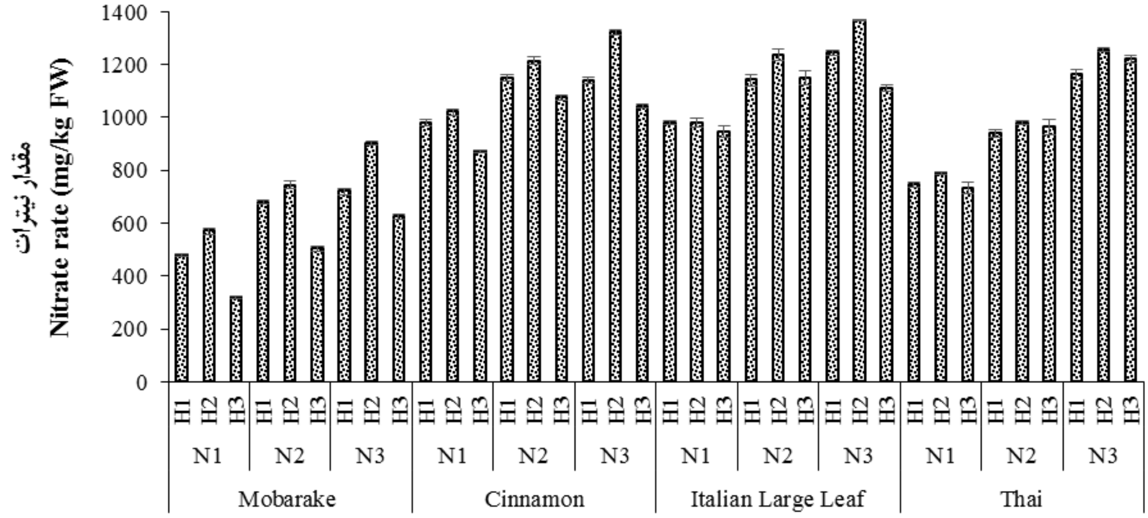
میزان کاروتنوئید به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای رقم، کود و برداشت قرار گرفت، اما برهم‌کنش تیمارها بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۳). در بین ارقام مختلف ریحان، رقم Sweet Thai با میانگین ۰/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر دارای بیشترین مقدار کاروتنوئید بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین مربوط به تیمارهای کودی نیز نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید (۰/۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌دست آمد (جدول ۴). در بین برداشت‌های مورد ارزیابی، برداشت سوم دارای بیشترین مقدار کاروتنوئید (۰/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود (جدول ۴).

طبق نتایج این پژوهش، کاربرد کود نیتروژن اثر مثبت و معنی‌داری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت. در پژوهشی اثر نیتروژن در دسترس گیاه، بر تشکیل کلروپلاست طی رشد برگ و همچنین در افزایش محتوای کلروفیل برگ مثبت و معنی‌دار گزارش گردید (۲۸). محتوای کلروفیل برگ از عوامل کلیدی در تعیین میزان و سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک است و اثر کود نیتروژن بر آن افزایشی می‌باشد (۲۶). در تمامی ارقام مورد ارزیابی، محتوای کلروفیل برگ در هر برداشت کمتر از برداشت قبل از آن بود، به‌طوری که محتوای

کلروفیل در برداشت سوم به کمترین مقدار رسید که به نظر می‌رسد عدم مصرف کود شیمیایی در برداشت سوم یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش میزان کلروفیل در این برداشت باشد، چون آخرین کاربرد کود اوره تقسیط شده در تیمارهای کودی پس از برداشت اول بود. از دیگر دلایل کاهش کلروفیل برگ در برداشت‌های دوم و سوم می‌توان به پر برگی گیاه اشاره نمود (۱۱). در تحقیقی گزارش گردید که با افزایش تعداد برگ به نوعی توزیع پیش ماده‌های لازم جهت بیوستز کلروفیل در کلروپلاست برگ‌ها کاهش یافته و در نهایت به کاهش محتوای کلروفیل برگ‌ها منجر می‌گردد (۲۰). با توجه به اینکه عمده ترکیبات رنگدانه‌های فتوسنتزی ساختار نیتروژنی داشته و نیتروژن از مهم‌ترین عناصر تشکیل دهنده کلروفیل، پروتوپلاسم، اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و بسیاری از آنزیم‌های گیاهی است، از این‌رو کاربرد کودهای نیتروژنی توانسته تا حد زیادی مقدار کلروفیل را در گیاه ریحان افزایش دهد. به عقیده برخی محققان، همبستگی بالایی بین کلروفیل برگ و غلظت نیتروژن برگ وجود دارد (۱۰). نتایج تحقیقی نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b در گیاه ریحان به تیمارهای کود شیمیایی نیتروژن و همچنین تلفیق کود زیستی نیتروکسین به همراه ۵۰ درصد کود شیمیایی اختصاص یافت (۱۱). در بین برداشت‌های مختلف ریحان، بیشترین میزان کاروتنوئید در برداشت سوم مشاهده گردید (جدول ۴) که این روند برخلاف محتوای کلروفیل در برداشت‌های مورد ارزیابی بود (شکل ۷ و ۸) که با نتایج پژوهش‌های پیشین همسو می‌باشد (۱۱).

میزان نیترات گیاه

مقدار نیترات موجود در ریحان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای رقم، کود و برداشت قرار گرفت، همچنین تمامی برهم‌کنش‌های رقم × کود، رقم × برداشت، کود × برداشت و رقم × کود × برداشت بر میزان نیترات گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین مربوط به برهم‌کنش رقم × کود × برداشت نشان داد که رقم Italian Large Leaf به‌همراه کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم دارای بیشترین میزان نیترات (۱۳۶۶/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بود (شکل ۱۰). تفاوت معنی‌داری که بین ارقام مختلف ریحان از لحاظ میزان تجمع نیترات وجود دارد، نشان‌دهنده اثر عوامل ژنتیکی بر ظرفیت تجمع نیترات در گیاه می‌باشد (۲۷). به نظر می‌رسد علت پایین بودن نیترات در برداشت اول، به دلیل نور کافی و مساعد بودن شرایط آب و هوایی در این مرحله از برداشت ریحان باشد. با توجه به اینکه در برداشت اول و دوم کود نیتروژن مصرف گردید و از لحاظ مصرف کود نیتروژن شرایط هر دو برداشت یکسان بود، دلیل افزایش نیترات در برداشت دوم را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در برداشت دوم، به دلیل افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و ارتفاع بوته‌ها، فضای بین بوته‌ها کمتر شده که این مسئله باعث عدم دسترسی به نور کافی و تجمع نیترات بیشتر در گیاهان شده است. از طرفی افزایش دمای محیط در برداشت دوم نسبت به برداشت اول نیز یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در افزایش تجمع نیترات در گیاه بود (۳۱). عوامل محیطی متعددی بر غلظت نیترات گیاه از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های احیاءکننده نیترات اثر می‌گذارند. عموماً نور کم، دمای زیاد و تنش رطوبتی منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌های احیاءکننده نیترات و افزایش تجمع نیترات در گیاه می‌شوند (۲۹). از مهم‌ترین دلایل پایین بودن نیترات در برداشت سوم، می‌توان به عدم مصرف کود نیتروژن و همچنین کاهش دما در این مرحله از برداشت ریحان اشاره کرد. غلظت نیترات در تمامی ارقام ریحان در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای کودی بود (شکل ۱۰). هنگامی که گیاه در شرایط غیرعادی از جمله مصرف بیش از حد کود نیتروژن رشد می‌نماید، تولید پروتئین کاهش یافته و نیتروژن به شکل غیرپروتئینی در گیاه تجمع می‌یابد. مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی باعث افزایش غلظت نیترات در اندام‌های قابل مصرف سبزی‌ها می‌شود (۳). نیترات یکی از شکل‌های غیرپروتئینی است که مصرف بیش از حد آن در جیره غذایی باعث ایجاد سمیت می‌شود. شدت نور، در دسترس بودن رطوبت، تفاوت‌های ژنتیکی بین گیاهان (گونه‌ها و ارقام)، کاربرد سموم شیمیایی به‌خصوص علف‌کش‌ها، میزان در دسترس بودن نیترات در محیط ریشه و میزان تأمین عناصر غذایی دیگر شامل فسفر، گوگرد، پتاسیم، آهن، مولیبدن، کلسیم، منگنز و بُر، از عوامل متعدد مؤثر در تجمع نیترات گزارش شده است (۳۲). در آزمایشی میزان نیترات تجمع یافته در اندام های مختلف گیاه ریحان مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج نشان داد در تیمار شاهد (عدم مصرف کود اوره) میزان تجمع نیترات در کلیه اندام‌های نمونه‌برداری شده زیر حد مجاز بود، اما با کاربرد سطوح مختلف کود اوره میزان تجمع نیترات در پهنک برگ و ساقه ریحان از حد مجاز فراتر رفت (۱۷). در تحقیقی گزارش گردید که ارقام مختلف ریحان از لحاظ میزان نیترات با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند و از بین سه برداشت مورد ارزیابی، بیشترین تجمع نیترات متعلق به برداشت دوم بود که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد (۲۱). در آزمایشی دیگر اعلام گردید که در بین مقادیر مختلف کود نیتروژن (۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین میزان غلظت نیترات در گیاه ریحان به کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مربوط بود (۴).



شکل ۱۰- اثر متقابل رقم × کود نیتروژن در برداشت‌های مختلف بر میزان نیترات ارقام ریحان

Figure 10- Interaction effect of cultivar ×nitrogen fertilizer in different harvest on nitrate rate of sweet basil cultivars (DMRT, *p≤0.05*)

N1, N2, N3: Control (0 kg ha^{-1} urea), 100 kg ha^{-1} urea, and 200 kg ha^{-1} urea, respectively and H1: first harvest, H2: second harvest and H3: third harvest

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد خشک ریحان به رقم Italian Large Leaf با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در برداشت دوم آزمایش اختصاص داشت، که اختلاف معنی‌داری با رقم Italian Large Leaf با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در برداشت دوم نداشت. در بین ارقام مورد ارزیابی، رقم Mobarakeh کمترین میزان تجمع نیترات را داشت. غلظت نیترات در تمامی ارقام ریحان در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای کودی بود. مصرف مقادیر مختلف کود اوره سبب افزایش محتوای کلروفیل گیاه گردید. به‌جز محتوای کلروفیل (کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل) و درصد برگ، تمامی پارامترهای مورد بررسی در این مطالعه در برداشت اول کمتر از سایر برداشت‌ها بود. علی‌رغم اینکه مصرف کود اوره به‌طور معنی‌داری اکثر پارامترهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مورد ارزیابی در این تحقیق را بهبود بخشید، با این وجود تفاوت معنی‌داری بین کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره وجود نداشت. بنابراین، رقم Italian Large Leaf به‌همراه کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در راستای کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف زیاد کود نیتروژن و همچنین دستیابی به رشد و عملکرد کمی و کیفی قابل قبول در شرایط آب و هوایی مشابه خرم‌آباد توصیه می‌گردد.

منابع

1- Abedi M.H., Seghatoleslami M.J., and Mousavi S.G.R. 2014. Effect of irrigation interval and nitrogen fertilizer on yield and yield components of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Birjand region. Agroecology Journal 5(4): 342-349. (In Persian with English abstract)

2- Afzali S.F., and Elahi R. 2014. Measuring nitrate and nitrite concentrations in vegetables, fruits in Shiraz. Journal of Applied Sciences and Environmental Management 18(3): 451-457.

3- Argyropoulou K., Salahas G., Hela D., and Papasavvas A. 2015. Impact of nitrogen deficiency on biomass production, Morphological and biochemical characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants, cultivated aeroponically. International Scientific Publications 3: 32-42.

4- Biesiada A., and Kus A. 2010. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yielding and nutritional status of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Acta Scientiarum Polonorum 9: 3-12.

5- Chezgi M., Chalavi V., and Akbarpour V. 2017. The effect of organic and chemical nitrogen fertilizers on the yield and qualitative characteristics of two basil cultivars. Journal of Crop Production and Processing 8(1): 29-44. (In

Persian with English abstract)
6- Dadvand Sarab M., Naghdi-Badi H., Nasri M., Makkizadeh M., and Omidi H. 2008. Changes in essential oil content and yield of basil in response to different levels of nitrogen and plant density. Journal of Medicinal Plants 3(27): 60-70. (In Persian with English abstract)
7- Dordas C.A., and Sioulas C. 2007. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rain fed conditions. Industrial Crops and Products 27: 75-85.
8- El Gendy A.G., El Gohary A.E., Omer E.A., Hendawy S.F., and Hussein M.S. 2015. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on herbage and oil yield of chervil plant (*Anthriscus cerefolium* L.). Industrial Crops and Products 69: 167-174.
9- Jahan M., Amiri M.B., Dehghanipour F., and Tahami M.K. 2013. The effects of biofertilizers and winter cover crops on essential oil production and some agroecological characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in an organic farming system. Iranian Journal of Field Crops Research 10(4): 751-763. (In Persian with English abstract)
10- Karami S., Hadi H., Tajbakhsh-Shishavan M., and Modarres-Sanavy A.M. 2017. Effect of different levels of nitrogen and zeolite on chlorophyll content, quantity and quality of amaranth forage under deficit irrigation stress. Crops Improvement, 20(1): 67-84. (In Persian with English abstract)
11- Kordi S. 2017. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of forage maize (*Zea mays* L.) and sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under nitrogen fertilizers (biological, chemical and integrated) in additive intercropping. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz. (In Persian with English abstract)
12- Kordi S., Shafagh-Kolvanagh J., Zehtab-Salmasi S., and Daneshvar M. 2018. Response of yield and some physiological traits of sweet basil affected by different nitrogen sources under intercropping with corn. Iranian Journal of Field Crop Science 49(2): 185-198. (In Persian with English abstract)
13- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.
14- Mahfouz S.A., and Sharaf-Eldin M.A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics 21: 361-366.
15- Marotti M., Piccaglia R., and Giovanelli E. 1996. Differences in essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) Italian cultivars related to morphological characteristics. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44: 3926-3929.
16- Marschner H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd Ed. Academic Press, London.
17- Moafpourian Gh., and Tadayon M.S. 2018. Effect of different amounts of urea fertilizer on yield and nitrate accumulation in edible parts of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Plant Ecophysiology, 10(34): 206-217. (In Persian with English abstract)
18- Motaghian A., Pirdashti H., Akbarpour V., Serajpour G., Yaghobi-Khanghahi M., and Shariatnezhad S. 2014. Evaluation of yield Basil (*Ocimum basilicum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in different intercropping combinations by competitive indices. Agroecology Journal, 5(3): 243-254. (In Persian with English abstract)
19- Mumivand H., Nooshkam A., Moseni A., and Babalar M. 2013. Influence of nitrogen and calcium carbonate application rates on nitrate accumulation and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Electronic Journal of Crop Production, 6(2): 109-124. (In Persian with English abstract)
20- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25(2): 239-250.
21- Nicoletto C., Santagata S., Bona S., and Sambo P. 2013. Influence of cut number on qualitative traits in different cultivars of sweet basil. Industrial Crops and Products 44: 465-472.
22- Omidbaigi R. 2006. Production and Processing of Medicinal Plants. 4th Ed. Astan Ghods Razavi Press, Mashhad, Iran, 397 p. (In Persian)
23- Pandey A.K., Singh P., and Tripathi N.N. 2014. Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 4(9): 682-694.
24- Rezaei-Moadab A., Nabavi-Kalat S.M., and Sadrabadi-Haghighi R. 2014. The effect of vermicompost and biological and chemical fertilizers on growth yield and essence of basil (*Ocimum basilicum* L.) in the Mashhad weather conditions. Agroecology Journal 5(4): 350-362. (In Persian with English abstract)
25- Roy R.N., Finck A., Blair G.J., and Tandon H.L.S. 2006. Plant Nutrition for Food Security. A guide for integrated nutrient management. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 348 p.
26- Salem M.A., Al-Zayaneh W., and Abdul-Jaleel C. 2010. Effects of compost interactions on the alterations in mineral biochemistry growth, tuber quality and production of *Solanum tubersum*. Frontiers of Agricultural in China 4(2): 170-174.
27- Sareer O., Bernstein N., Ahmad S., and Umar S. 2016. Genetic, developmental and temporal variability in nitrate accumulation and nitrate reductase activity in medicinal herb *Andrographis paniculata*. Pedosphere 26(6): 839-847.
28- Singh M., Khan M.M.A., and Naeem M. 2016. Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber officinale* Rosc. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 15: 171-178.
29- Stepowska A.J., and Kowalczyk W. 2000. The effect of growing media on yield and nitrate accumulation in lettuce

(*Lactuca sativa* var. capitata L.). Acta Horticulturae 548: 503-510.

30- Tahami-Zarandi S.M.K., Rezvani-Moghadam P., and Jahan M. 2014. Evaluation the effects of organic, biological and chemical fertilizers on morphological traits, yield and yield components of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(4): 543-553. (In Persian with English abstract)

31- Umar A.S., and Iqbal M. 2007. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. Agronomy for Sustainable Development 27: 45-57.

32- Waezzadeh M., Nadery M.R., and Golabady M. 2010. Effect of different nitrogen fertilizer levels on yield and nitrate accumulation rate in tuber of two potato varieties in Isfahan region (Faridan). M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan). (In Persian with English abstract)

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.2, Summer 2020, P. 285-301
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۳۰۱-۲۸۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Different Levels of Nitrogen on Yield, Nitrate Content, Essential Oil Yield and some Physiological Traits in Four Cultivars of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.)

F. Moayedi[1*]- S. Kordi[2]- A.A. Mehrabi[3]- S. Dastborhan[4]

Received: 10-11-2019
Accepted: 30-06-2020

Introduction: Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) is one of the oldest spices belongs to the Lamiaceae family. It is a herbaceous annual plant, which is native to subtropical regions of Asia, Africa, America. Basil is an important economic crop and widely used in the culinary arts, food processing and pharmaceutical industries. Nitrogen is one of the most important nutrients for plant production that plays a major role in photosynthetic activities and crop yield capacity and its availability affects plants growth and biochemical processes. Nitrogen deficiency is often a limiting factor in vegetable production such as sweet basil. Nitrogen usage significantly can be increased the herb yield of basil grown in different environmental conditions. The nutritional and environmental factors are the most important factors for growth of the medicinal plants. In the present research, changes in yield, nitrate content, essential oil yield and some physiological traits have been investigated in four cultivars of sweet basil under different levels of nitrogen.

Materials and Methods: A field experiment was carried out in the Agricultural Research Station of Khorramabad during 2016 growing season. The experimental factors were arranged as a factorial-split-plot in time experiment based on randomized complete blocks design with three replications. Experimental factors were cultivars of sweet basil (*O.basilicum* var Italian Large Leaf، *O. basilicum* var Mobarakeh, *O. basilicum* var Sweet Thai and *O. basilicum* var Cinnamon) and nitrogen fertilizer (0, 100 and 200 kg ha^{-1} urea) assigned to the main plots as factorial and different cuttings (three harvests from each plot) considered as sub-plots. The half amount of nitrogen (as urea; 46% N) was distributed in experimental plots before planting the seeds and the rest used after the first harvest. Seeds of sweet basil were planted at May, 25th 2016 as five rows with 2m length and each main plot area was 5 m^2. The space between rows was 50 cm. All plots were irrigated immediately after sowing. Subsequent irrigations were carried out every four days. The control of weeds conducted manually during the experiment time. The sweet basil plants were harvested three times in early flowering stage in July 12, August 15 and September 25. Samples of 1 m length were taken from the center of two rows located in the middle of each plot. Plants were cut from above ground and transferred to the lab for measuring total dry yield. The measured traits in this study included branches per plant, inflorescences per plant, plant height, leaf percentage, total dry yield, essential oil yield, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid and nitrate content. SAS (version 9.1) and MSTAT-C statistical software were used to conduct analysis of variance (ANOVA) and comparison of means, respectively. The Duncan's multiple range test, at 5% probability level, was used to rank the differences among means.

Results and Discussion: The results indicated that the application of nitrogen fertilizer significantly improved all the studied traits. The highest and the lowest essential oil yield belonged to 100 kg ha^{-1} urea and control, respectively. Nitrogen fertilizer by providing the nitrogen needed for the basil plant during the growing season provides a favorable environment for the production of further biomass. Total dry weight of the all basil cultivars increased with application of nitrogen fertilizer in all harvests. The highest total dry weight and nitrate concentrations were achieved by Italian largel cultivar with application of 200 kg ha^{-1} urea in the second harvest. The increment in total dry weight of basil by application of nitrogen fertilizer could be attributed to the increment in chlorophyll content and better growth of plants and subsequently the better canopy development which ultimately leads to the better usage of solar irradiance, higher photosynthesis and finally higher dry weight in basil plants. Application of nitrogen chemical fertilizer could increase essential oil yield of sweet basil, mainly due to the increasing of total dry weight.

1- Instructor, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran
(*- Corresponding Author Email: faraj.moayedi1362@gmail.com)
2- Ph.D. in Crop Ecology, Young Researchers and Elite Club, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Ilam, Iran
4- Ph.D. in Crop Physiology, Young Researchers and Elite Club, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Among basil cultivars, Italian large leaf cultivar had the highest leaf percentage and essential oil yield compared to the other cultivars. The lowest number of branches per plant, number of inflorescences per plant, leaf percentage, essential oil yield and total chlorophyll belonged to Mobarakeh cultivar. All the evaluated parameters were lower than the first harvest except leaf percentage and chlorophyll content.

Conclusion: According to the results, application of nitrogen fertilizer had a positive effect on growth, and consequently led to increase the plant vegetative yield. Due to the fact that in terms of more of the studied traits there was no significant difference between application of 100 and 200 kg ha^{-1} urea fertilizer and also reduce the consumption of chemical fertilizers generating pollution, Italian large leaf cultivar and application of 100 kg ha^{-1} urea are recommended to access an acceptable growth and quantitative and qualitative yield in sweet basil under the environmental conditions similar to Khorramabad.

Keywords: Dry weight, Essential oil, Photosynthetic pigments, Sweet basil, Urea